

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GLACIARISMO DE LA SIERRA DE ESTRELA, PORTUGAL

General Characteristics of Serra da Estrela Glaciation, Portugal

Gonçalo Vieira (*)

RESUMEN

La sierra de la Estrela constituye la elevación montañosa de origen glaciar más occidental del Sistema Central Peninsular. Durante el Weichseliense dicha elevación se constituyó como un campo helado con varios glaciares de valle de difusión radial. Se ha estimado que durante el último máximo glaciar la extensión ocupada por los hielos alcanzó los 66 km² con un espesor máximo de hielo entorno a los 340 metros en el valle de Zêzere. En este trabajo presentamos los últimos resultados obtenidos del estudio espacial de las formas de erosión y distribución de las morrenas, de las fases de glaciación, de la modelización de la topografía glaciar con el fin de dar a conocer del modo más educativo posible el mayor fenómeno glaciar del occidente Peninsular.

ABSTRACT

The Serra da Estrela is the westernmost glaciated mountain in the Iberian Central Cordillera. During the Weichselian a plateau ice-field with radiating valley glaciers were present, occupying an area of 66 km². The maximum ice-thickness was ca. 340m in the Zêzere valley and the regional ELA was at 1640 m asl. In this paper we present the more recent results of the study of the spatial patterns of glacial erosion, moraine distribution, phases of the glaciación, modelling of the glacier topography and the paleoclimatic significance of the ELA is discussed.

Palabras clave: *Glaciación, Occidente Peninsular, erosión glaciar, morrena, sierra de la Estrela.*

Keywords: *Glaciación, glacial erosion, moraine, till, Serra da Estrela.*

INTRODUCCIÓN

La sierra de la Estrela (40°20'N, 7°35'W) constituye la mayor elevación montañosa de Portugal con 1993 metros s.n.m, incluida en el Sistema central Ibérico (figura 1). La sierra, en el sector afectado por el glaciario, está constituida por un basamento granítico instalados en una secuencia metasedimentaria que aflora en el área más baja de la sierra. El relieve está marcado por dos mesetas principales separados por la alineación de los valles de Zêzere y Alforfa formados a favor de fracturas de dirección NNE-SSW. El mencionado valle de Zêzere es el valle de mayor longitud de la sierra con un perfil transversal en forma de "U" que indica claramente su origen glaciar. La meseta occidental es la de mayor altura, presentando altitudes entre los 1993 m (al Sur) y 1400 (al Norte). Las laderas sureste y noroeste de la sierra conforman imponentes escarpes e falla con desniveles superiores de los 1000 metros. Varios valles drenan el macizo más elevado de la sierra presentando numerosas huellas glaciares. Destacan como valles representativos los de Alva (Covão do Urso, Caniça (Covão Grande), Loriga, Alvoco, Estrela y Alforfa.

HISTORIA DE LOS ESTUDIOS SOBRE EL GLACIARISMO EN LA SIERRA DE LA ESTRELA

La primera referencia segura sobre los testigos de una glaciación en la sierra de la Estrela data de 1884 en el trabajo de Cabral. Ese mismo año, según Obermaier (citado por Lautensach, 1929,1932) y Penck se señala también la presencia de fenómenos glaciares en la sierra. Posteriormente Fleury (1916) retoma las observaciones de Cabral (1884) y describe las principales características de la glaciación de la sierra (Lautensach, 1929). Con Hermann Lautensach comienzan los estudios más en detalle sobre el fenómeno glaciar. Destaca el trabajo de este autor de 1929 donde muchas de sus observaciones son válidas en la actualidad. Lautensach presentó el primer mapa de la extensión máxima de los hielos, las principales morrenas en la sierra, etc aunque los límites de los glaciares eran poco precisos debido a que la cartografía topográfica era muy deficiente. En la interpretación efectuada por el autor la extensión del fenómeno glaciar era mayor que en la efectuada por Viera (2004) y que se presenta a continuación. Lautensach identificó también el control de la morfología pre-glaciar en el desarrollo de los

(*) Centro de Estudos Geográficos. Universidade de Lisboa. Faculdade de Letras. Alameda da Universidade, 1600-214, Lisboa, Portugal. E-mail: gviera@fl.ul.es

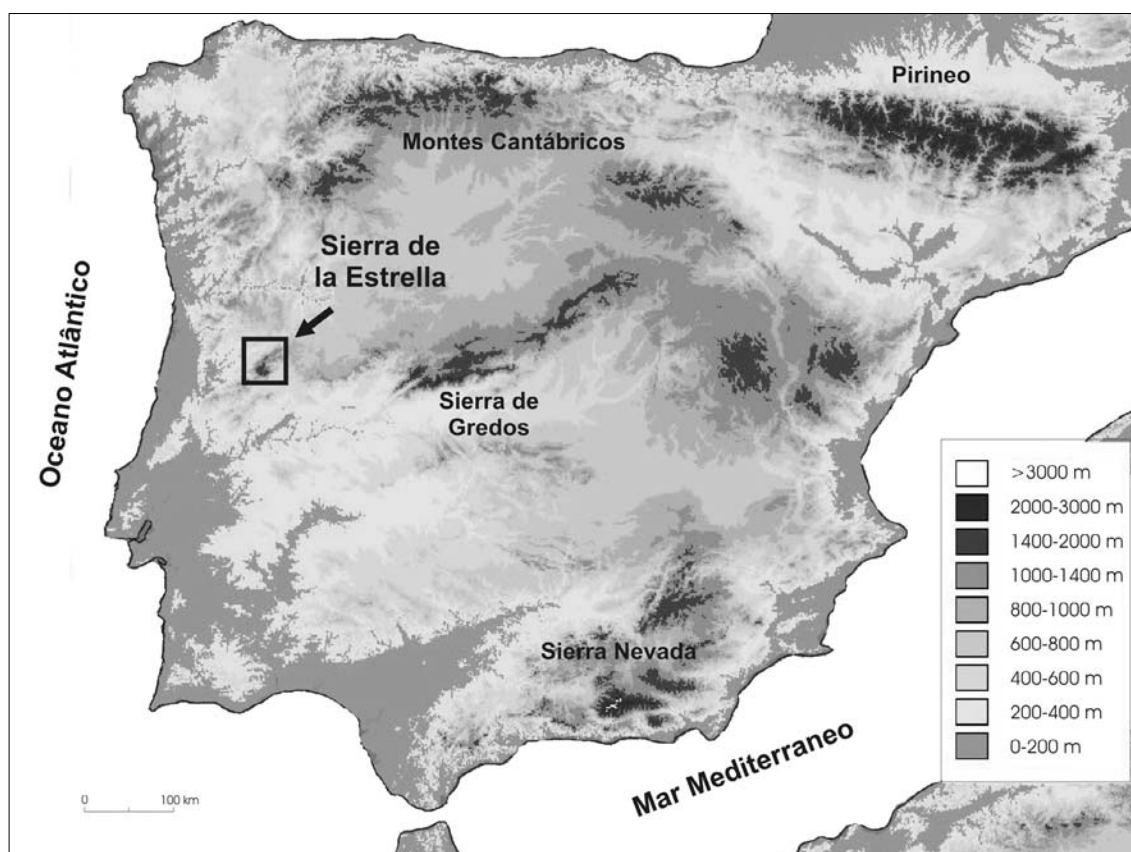


Fig. 1. Localización de la Sierra de la Estrela en la Península Ibérica.

glaciares y señaló la asimetría Oeste-Este con un mayor desarrollo de las morfologías glaciares en el sector oriental de la sierra. Esa asimetría sería el resultado de una deriva nívico-eólica inducida por los vientos del oeste dominante durante la glaciación.

Después de un *lapsus* temporal de cerca de 40 años en las investigaciones de la sierra, Suzanne Daveau publica en 1971 "La glaciación de la Serra da Estrela", este trabajo se muestra un reconocimiento detallado de campo, acompañado por una cartografía topográfica escala 1:25.000 y con una fuerte componente de interpretación basada en el análisis de fotografía aérea. El resultado de este método de trabajo que la autora empleó es la presentación un nuevo mapa de la glaciación que aún permanece. El mapa indicado incluye de los límites del área afectada por el glaciario, las principales crestas glaciares, las acumulaciones morrenicas, escarpes, terrazas de Kame, terrazas proglaciares, lagunas de colmatadas y conos de derrubios. Si comparamos el mapa realizado por Daveau con el mapa elaborado por Lautensach, observamos que en la propuesta de Daveau se muestra una menor extensión glaciario en los valles. El trabajo de esta autora confirma la existencia de un glaciario de Meseta, con un espesor aproximado de 80 metros en la cumbre, que abastecía a distintas leguas de valle, en un área total de 70 Km². A la asimetría del fenómeno Oeste-Este puntado por Lautensach, la autora añade una asimetría nortesur relacionada con la diferencia de insolación. La in-

terpretación anterior es efectuada por la menor longitud de los glaciares meridionales, más cortos por la influencia de la fuerte fusión estival.

Más recientemente Daveau et al., 1997 retoman los estudios en la sierra de la Estrela como consecuencia de los trabajos efectuados en la sierra de Gerês por Ferreira *et al.*, 1992, 1999). Los autores apuntan la necesidad de aplicar nuevas metodologías de trabajo en especial, en lo que respecta a una integración entre el estudio geomorfológico tradicional y el estudio sedimentológico de los till (tema no analizado con anterioridad).

En este trabajos presentamos el resumen de resultados de la fase inicial de trabajo que realizamos en la sierra de la Estrela a fin de que puedan ser empleados por los educadores dentro del contexto Peninsular.

RASGOS GENERALES DE LA GEOMORFOLOGÍA GLACIAR DE LA SIERRA DE LA ESTRELA

Importancia de la erosión glaciario en el paisaje de la sierra

a) Paisaje de erosión glaciario de Meseta

La presencia de amplias superficies de roca desnuda en contraste con el área marginal de dominio regolítico ha sido referida por varios autores como uno de los mejores indicadores de la erosión glaciario

(Lautensach, 1929, 1932 y Daveau, 1971 para la Sierra de la Estrela o Ferreira *et al.*, 1999 para la sierra de Gerês). En el sector occidental de Estrela se puede hablar de un paisaje de tipo *Knob-and-lo-chain* en miniatura (Linton, 1963., Benn & Evans, 1988) pues dominan los afloramientos rocosos con marcas de erosión subglaciar (rocas aborregadas, acanaladuras, estrías y cuencas de sobreescavación). El contraste es especialmente interesante cuando se compara la distribución de los tors con el límite del margen glaciar, observándose la acción erosiva sobre esas formas graníticas.

El estudio de la distribución de las superficies de la roca desnuda en el área glaciar de la Estrela ha demostrado su importancia en el paisaje en especial, en las cabeceras de los principales valles glaciares donde más del 50% del área está ocupada por roca. Al contrario, las partes más internas de las Mesetas tienen una baja densidad de roca desnuda, especialmente por debajo de los 1750 metros de altitud, donde los principales pulidos únicamente ocurren en los valles donde el hielo fluyó concentrado o cerca de rupturas de pendiente. La coincidencia de las superficies de roca desnuda con las microformas y mesoformas de erosión glaciar permite considerar como áreas de máxima erosión glaciar las que se observan en la figura 2.

b) Circos glaciares

El relieve aplanado y la escasez de un modelado de crestas alpinas limitan la distribución de los cir-

cos glaciares en la Sierra. Estos suelen presentar una densidad pequeña si se compara con otras áreas peninsulares con morfologías glaciares, destacando en ellos su carácter simple. Hemos definido en la sierra de Estrela un total de once circos, alguno de ellos con morfología mal definida frente a otros bien desarrollados y especialmente interesantes si se compara con la reducida dimensión del área ocupada por los hielos durante el Cuaternario.

Según la posición topográfica, se pueden distinguir tres tipos de circos:

Los circos de cabecera de valle son formas situadas en la parte proximal de los valles en contacto directo con el borde de la superficie aplanada. Este tipo de circos son sin duda, los circos con una génesis más compleja y donde el hielo se mantuvo por periodos más largos de tiempo. Los circos de Covão Cimero y Covão de Ferro son ejemplos de este tipo de morfologías de cabecera glaciar con elevada altitud, exposición favorable a la acumulación de nieve y débil fusión del hielo.

Los circos de ladera representan formas menos desarrolladas que han evolucionado a expensas de un glaciar de circo. En la sierra de la Estrela son descritos varios circos de ladera alimentados desde la parte superior de la sierra donde estaban instalados los glaciares de circo s.s. sobre todo durante el máximo glaciar.

Los circos de la meseta tienen pared, fondo y

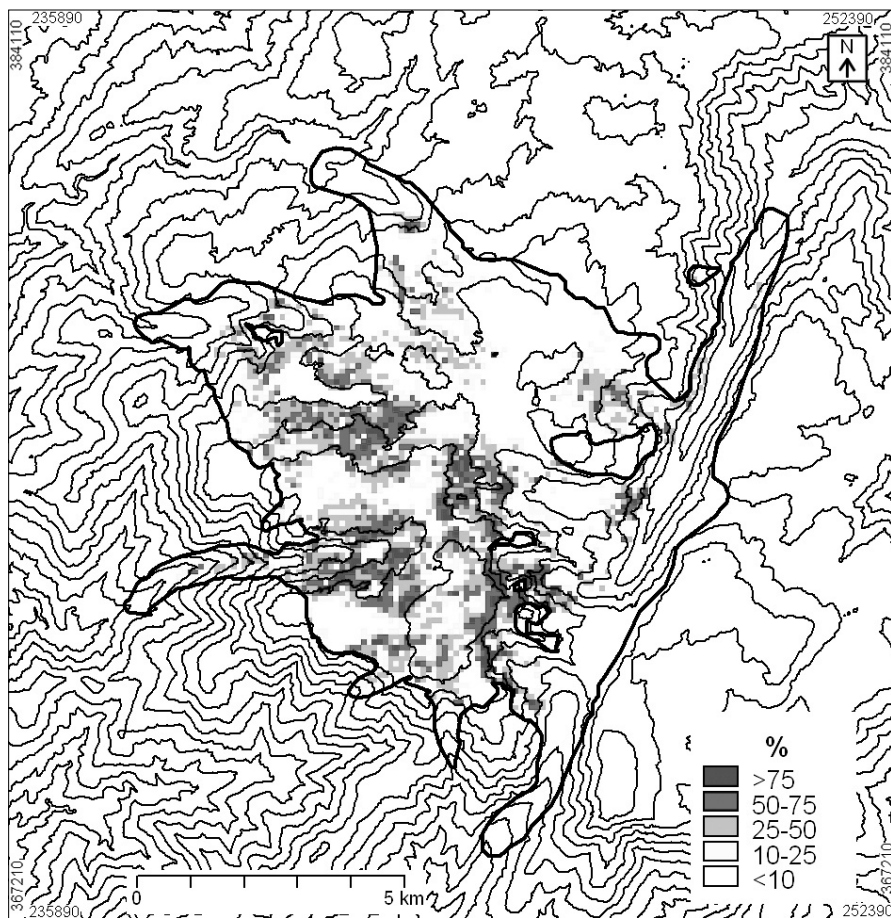


Fig. 2. Densidad de afloramientos rocosos en el área glaciada en el Último Máximo de la Glaciación de la Sierra de la Estrela (pixel = 10.000 m²). La línea negra representa el margen glaciar. La equidistancia de las curvas de nivel es de 100m.

cuenca bien definidos pero con una morfología en anfiteatro mal desarrollada. Se localizan en los escalones más elevados de Meseta occidental con las paredes de los circos estrechamente controladas por la fracturación del sustrato granítico.

Varios autores han reconocido la estrecha correlación entre la exposición de los circos y la exposición de los glaciares que los han generado.

De esta manera, una elevación montañosa en la cual los circos presenten una orientación predominante es un área que incorpora unas señas morfológicas inconfundibles para la reconstrucción paleoclimática de una zona. En la Sierra de la Estrela, el análisis cuantitativo de las orientaciones de los circos, demostró la importancia de las exposiciones entre el Noreste y el Este de la sierra (Viera, 2004) situación semejante a la identificada por Evans (1977) para los circos de Escocia, Vosgo, Floresta Negra, Montañas Rocosas y Escandinavia. Este hecho, comprueba el efecto del viento del Oeste en la redistribución de la nieve a partir de la meseta durante la glaciación. Las exposiciones localizadas sugieren además que, en las fases con glaciares de circo, el efecto sombra de las paredes de los circos sobre los pequeños glaciares es un efecto relevante para el desarrollo de estos.

c) Formas menores, medias y micromodelado

Como en otros sistemas glaciares sobre rocas graníticas de la Península, en la Sierra de la Estrela uno de los rasgos que han permitido identificar el glaciario heredado ha sido la existencia de microformas tales como estrías, acanaladuras, marcas

de abrasión y pulidos glaciares. Estos tipos morfológicos son frecuentes en áreas de máxima erosión glaciaria y en especial donde el sustrato está constituido por el denominado granito de “Estrela” (variante moscovítica de grano medio), donde la posición topográfica es de fondo de valle, de margen de meseta o allí donde la velocidad de flujo fue considerable (como ocurre en algunos valles de Loriga, Candieira y en el entorno de la Lagoa Comprida y de Salgadeiras). Además del interés geomorfológico, las microformas aportan importantes datos sobre la dinámica basal de los glaciares. Así, las microformas señalan la importancia de los mecanismos de deslizamiento basal y la presencia de glaciares templados.

Formas medias, como las rocas aborregadas, son más frecuentes y de particular interés paleogeográfico pues, además de ser testigos basales del deslizamiento del hielo, su asimetría inducida por la dinámica erosiva subglaciaria permite reconstruir los paleoflujos del hielo.

Los whalesbacks son formas raras en la sierra de la Estrela y sólo existen algunas evidencias aisladas en las áreas de máxima erosión o en los fondos de valle, allí donde las tensiones normales fueron mayores (Benn & Evans, 1998).

Acumulaciones morrenicas y till

Las Morrenas y su significado paleogeográfico

La comparación entre los mapas de las áreas de máxima erosión glaciaria y las morrenas (figuras 2 y 3) presenta gran interés didáctico permitiendo vi-

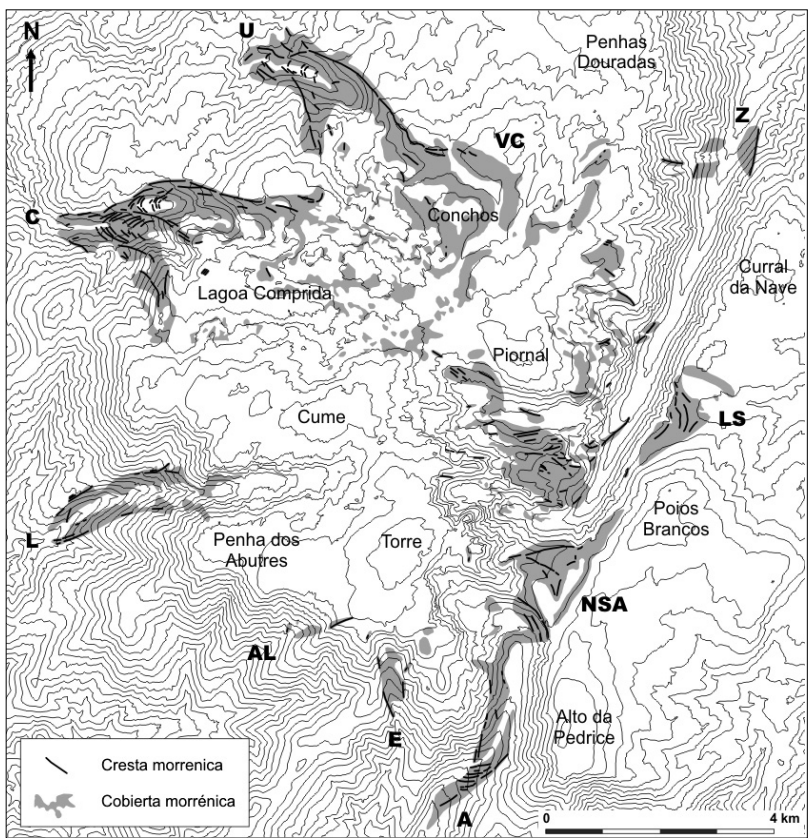


Fig. 3. Morrenas de la Sierra de la Estrela. A – Alforfa; AL – Alvoco; C – Caniça (C. Grande); L – Loriga; LS – Lagoa Seca; NSA – Nave Sto António; U – C. Urso; VC – Vale do Conde; Z – Zêzere. La equidistancia de las curvas de nivel es de 50m.

sualizar el contraste entre el paisaje de erosión glacial del interior montañoso y el paisaje de acumulación que marca los límites del área glacial.

Además las áreas con recubrimiento morrénico se encuentran muy bien conservadas en la Sierra. Las principales morrenas del área son las de Poio do Judeu (valle de Zêzere) de una fase post-máximo con espesores de hielo superior a los 300 metros en el valle y la morrena del Covão do Urso, asociada a la máxima extensión de los hielos con más de 4 kilómetros de longitud. Esta fase de máxima extensión glacial es designada como Último Máximo Glacial de Sierra de la Estela (UMGSE), coincide con las morrenas externas bien conservadas y se refiere a un periodo sin edad absoluta determinada. El uso de esta fase evita los problemas que pueden resultar de las correlaciones directas con *Last Glacial Maximun (LGM)* de significado global.

De particular interés son además los grupos de arcos morrénicos de recesión que se encuentran en posiciones próximas del máximo avance de los hielos y que se caracterizan por grupos de 4 a 12 arcos que distan algunas decenas de metros entre sí. Las morrenas laterales y latero-frontales marcan tres fases, se presentan en pequeño número y están más desarrolladas en los valles orientales (Zêzere y Alforfa). La ausencia de morrenas más internas que los grupos de arcos morrénicos en los valles occidentales indican un estilo de deglaciación diferente con relación a los valles orientales. Es posible que en occidente la deglaciación fuera lenta y areolar con glaciares poco erosivos, mientras que, en la parte oriental los glaciares tendrían mayor capacidad erosiva y el retroceso de dichos glaciares pudiera haber sido interrumpido por fases de estabilidad y acumulación. Otro aspecto destacable es la ausencia de morrenas en los circos de mayor altura. Este hecho indica una rápida deglaciación en el Finiglacial o una escasa erosión. Cabe señalar que existen morrenas latero-frontales en los circos marginales de menor altitud como en el circo de Covais pero esas acumulaciones se formaron durante la fase de máxima extensión glacial.

b) Los till

La primera referencia a la importancia de los till para la reconstrucción de los límites glaciares de la sierra fue efectuada por Daveau *et al.*, en 1997. En este trabajo los autores se centran en el estudio de los till de las laderas del valle del Zêzere y del límite norte de la meseta occidental en Cerro Rebolado. Desde entonces, los till han constituido un objetivo prioritario de investigación, descubriéndose nuevos cortes que se han estudiado en detalle. Los estudios mencionados se basan en la caracterización de la estructura sedimentaria y el análisis micromorfológico de laminas delgadas al microscopio electrónico de barrido así como en la exoscopia de la superficie de los granos de cuarzo. Los till conocidos hasta hoy presentan un espesor de pocos metros y son generalmente depósitos simples que testimonian una única fase de avance o retroceso glacial.

El till que ha sido estudiado con más detalle se localiza en el complejo de Lagoa Seca. En este paraje encontramos un till de acreción (*lodgement till*) en la base del depósito y una unidad mixta con till de flujo y sedimentación fluvio-glacial en el techo (Viera, 2004). El análisis micromorfológico de la unidad basal muestra una *s-matrix* típica de ambientes de deformación, con ejemplos de estructuras turbadas (galaxia) y granos fragmentados, con rellenos deLas arenas finas y los son generalmente más angulares que los granos gruesos del depósito, este hecho constituye una característica típica de los depósitos subglaciares. Las superficies de los granos de cuarzo presentan marcas de alteración química sobre las cuales se han desarrollado marcas de abrasión. Generalmente, esas superficies alteradas se localizan en posiciones alejadas de las aristas o en concavidades, es decir protegidas de la acción mecánica de la erosión subglacial. Esta información confirma la idea apuntada por Daveau (1971) según la cual, parte del material morrénico tuvo su origen en el manto de alteración preglacial de la meseta. La unidad superior mencionada con anterioridad indica el retroceso del glaciar y un intenso aporte de aguas por fusión del hielo.

Otro avance al conocimiento de la sierra y el fenómeno glacial que nos aporta el análisis micromorfológico es poder profundizar en la interpretación de los depósitos y fundamentalmente en el análisis de diamictos de difícil interpretación. Así, se ha identificado un till en un área donde, y según la interpretación clásica, sugería la ausencia de glaciación. Se trata concretamente del corte de Penhas da Saúde que aún está siendo estudiado en detalle y cuyos resultados por el momento nos animan a proponer la existencia de una fase de glaciación más extensa que el UMGSE. En otros parajes como el Valle alto de la Barroca de Agua, con acumulaciones de bloques morrénicos y sin depósitos correlativos, nos vienen a confirmar la puntualización anterior.

Los Glaciares en el último Máximo Glacial de la Sierra de la Estrella

La cartografía geomorfológica y en particular, la cartografía de las morrenas, till y terrazas de obturación lateral, han permitido definir la máxima extensión del hielo de Meseta y de los glaciares de valle en el UMGSE. Para la reconstrucción topográfica de los glaciares hemos usado la información de los límites de los glaciares que se ha obtenido a partir de las observaciones geomorfológicas y del modelo de deformación plástica de Schilling & Hollon (1981). En este modelo 2D, los datos de entrada son los perfiles topográficos longitudinales de los valles y su continuación por las cumbres, así como la tensión tangencial basal y un coeficiente formal que traduce el efecto de las laderas sobre la tensión basal. El resultado es un perfil longitudinal de los glaciares. Se han comprobados los resultados obtenidos con el modelo con las observaciones geomorfológicas, a excepción de las cumbres donde el perfil obtenido es el resultado de la aplicación de un valor de tensión basal constante de 100 Kpa. El

resultado es un modelo basado en condiciones de perfecta plasticidad de hielo, por lo tanto con algunas limitaciones. Sin embargo, otros autores han empleado el mismo método para reconstruir glaciares de montaña con resultados muy satisfactorios como son los casos de Locke (1995) y de Evans *et al.*, (2002).

Para la reconstrucción 3D de la superficie del hielo en la meseta, hemos utilizado líneas de flujo múltiples e interpolado los resultados en un Sistema de Información Geográfica, según la topografía basal y el entorno (figura 4). El modelo muestra un espesor de hielo en la cumbre de 90 metros, valor muy próximo al estimado por Daveau (1971). Así, el espesor máximo de hielo se corresponde con el valle de Zêzere (344 metros), otros glaciares de valle como Alforfa y Covão do Urso han tenido 239 metros y 217 respectivamente de espesor máximo. El área afectada por el glaciario ha sido de 66,2 Km² y el volumen de hielo 6,42x10⁹m³ (Viera, 2004)

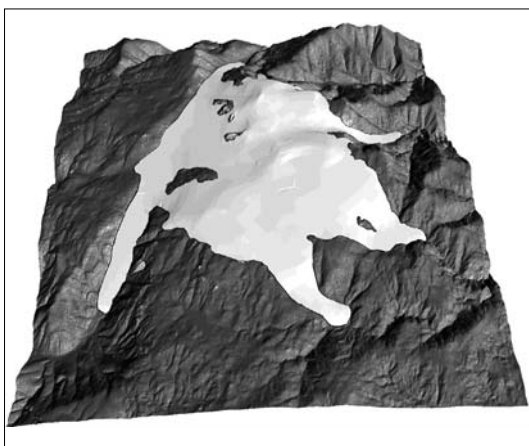


Fig. 4. Reconstrucción del campo de hielo y glaciares de valle en el Último Máximo Glaciar de la Sierra de la Estrela. Vista desde norte.

La cartografía obtenida posibilitó de igual forma la Estimación de la Altitud de la Línea de Equilibrio (ELA) por métodos del ratio del área de acumulación y del ratio de balances (Furbish & Andrews, 1984; Benn & Gemme, 1997) más rigurosos que el método de la altitud máxima de las morrenas laterales aplicado con anterioridad por Lautensach (1929, 1932) y Daveau (1971). Los valores obtenidos para Estimación de la Altitud de la Línea de equilibrio regional son del orden de los 1640-1650 metros de altitud, verificándose interesantes diferencias entre las distintas cuencas. Especialmente en lo que respecta a las diferencias entre los glaciares con exposición Oeste, con ELAs entre 1620 y 1670 metros y los glaciares con exposición este y ELAs entorno a los 1590 metros. Esta diferencia confirma la asimetría W-E entre la glaciación y el transporte de nieve por los vientos del Oeste que barrían la meseta. Con relación a la asimetría de la insolación norte-sur, los datos no son tan claros. Los pequeños glaciares de la ladera sur (Estrela y

Alvoco) tenían unas cuencas demasiado pequeñas como para dar por válido la comparación y diferencia entre estas cuencas y las de los glaciares del norte, muchos más amplios. De todas formas la diferencia de 50 metros entre las ELAs de los glaciares de Covão Grande y Covão do Urso pueden indicar pequeñas asimetrías climáticas.

El modelo permitió además estudiar la posición de las ELAs respecto a las curvas hipsométricas de los distintos glaciares y observar la peculiar influencia del relieve de la meseta, importante este último para el control de la dinámica glaciar. En la figura 5 podemos ver representada la curva hipsométrica del glaciar de Loriga y la posición de la ELA. Se puede observar que la parte superior del glaciar ocupa una gran extensión (curva con pendiente suave) cuando se compara con el resto del área con una fuerte pendiente. Así, una subida de la ELA en la parte de la curva con pendiente elevada induce un pequeño cambio en la dimensión del área de acumulación. Sin embargo una subida similar de ELA en la parte de menor pendiente va a tener una influencia muy significativa en el área de ablación y consecuentemente en el retroceso del glaciar.

CONCLUSIONES

El estudio reciente de los fenómenos glaciares de la sierra de la Estrela ha posibilitado la detallada caracterización y la cartografía de las formas y depósitos de origen glaciar así como la identificación de las principales glaciares desde un punto de vista geomorfológico. Se ha identificado una fase antigua a partir de los depósitos de Till y de los posibles bloques de morrenas pero las áreas afectadas no presentan una morfología típica. Los testigos obtenidos aun están en fase de estudio pero si los resultados confirman que son glaciares, el dato esencial obtenido será la presencia de un segundo campo de hielo en la meseta oriental (área de Penha Saúde). En otras áreas la extensión sería únicamente de un centenar de metros más allá del límite de UMGSE.

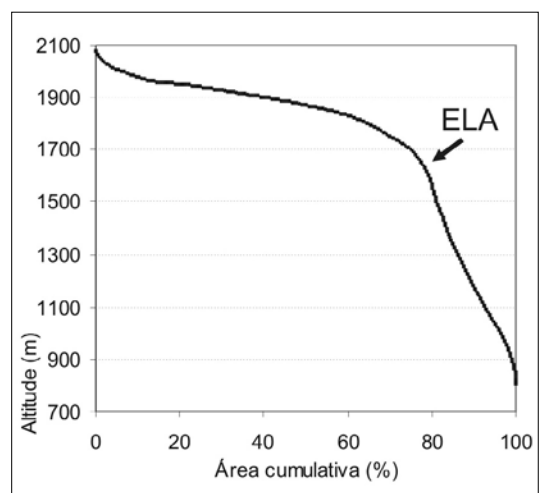


Fig. 5. Curva hipsométrica del glaciar de Loriga en el Último Máximo Glaciar de la Sierra de la Estrela. ELA es la Altitud de la línea de equilibrio.

El límite apuntado, bien marcado por las morrenas, representa una fase larga de estabilidad glaciár. Hemos identificado además dos fases internas más de características distintas. La primera fase está marcada por grupos de ocho a doce arcaos de recesión glaciár en los glaciares de Covão Grande y Alforfa, y la segunda fase está marcada por tres morrenas de recesión en los valles de Zêzere y Alforfa. La diferencia geomorfológica esencial es que en los valles occidentales tras la primera fase interna (con morrenas cerca del límite UMGSE) no hay otras morrenas representadas mientras que, en los valles orientales, la fase dos corresponde a tres estadios de retroceso distintos. Esa diferencia Este-Oeste puede estar motivada por distintos estilos de deglaciación, con un flujo más dinámico en los valles orientales (alimentados por los vientos del oeste) y una situación de deglaciación areolar sin erosión basal significativa en la parte occidental.

Actualmente nuestro objetivo investigador principal se centra en definir una cronología absoluta para lo cual se están realizando dataciones en sedimentos fluvio-glaciares por termoluminiscencia y de bloques morrenicos y superficies pulidas por técnicas de datación mediante isótopos cosmogénicos.

Finalmente no queremos dejar de mencionar que la modelización del área ocupada por el hielo permitió calcular las altitudes de la línea de equilibrio de las diversas cuencas glaciares. Se ha demostrado así la elevada sensibilidad climática de la sierra de la Estrela apoyando la importancia de esta elevación montañosa para las reconstrucciones paleoambientales del Occidente de la Península Ibérica.

BIBLIOGRAFÍA

Benn, D.I.; Gemmell, A.M.D. (1997). *Calculating equilibrium-line altitudes of former glaciers by the balance ratio method: a new computer spreadsheet*, Glacial Geology and Geomorphology, tn01, <http://ggg.qub.ac.uk/ggg/papers/full/1997/tn011997/tn01.html>

Benn, D.I.; Evans, D.J.A. (1998). *Glaciers & Glaciation*. Arnold, London.

Cabral, F.A.V. P. (1984). *Vestígios glaciários na Serra da Estrela*. Revista de Obras Públicas e Minas, Lisboa, 435-459.

Daveau, S. (1971) - *La glaciation de la Serra da Estrela*. Finisterra, 6 (11), 5-40.

Daveau, S.; Ferreira, A. B.; Ferreira, N.; Vieira, G. (1997). *Novas observações sobre a glaciação da Serra da Estrela*. Estudos do Quaternário, 1, 41-51.

Evans, D.J.A.; Rea, B.R.; Hansom, J.D.; Whalley, W.B. (2002). *Geomorphology and style of plateau icefield deglaciation in fjord terrains: the example of Troms-Finnmark, north Norway*, Journal of Quaternary Science, 17 (3), p. 221-239.

Evans, I.S. (1977). *World-wide variations in the direction and concentration of cirque and glacier aspects*. Geografiska Annaler, 59A (3-4), 151-175.

Ferreira, A.B.; Vidal Romaní, J.R.; Rodrigues, M.L.; Zêzere, J.L.; Monge, C. (1992). *Formas e depósitos glaciários e periglaciários da Serra do Gerês-Xurés (Portugal; Galiza)*. Levantamento cartográfico. Cuadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe, 17, 121-135.

Ferreira, A.B.; Vidal Romaní, J.R.; Zêzere, J.L.; Rodrigues, M.L. (1999). *A glaciação pliocénica da Serra do Gerês. Vestígios geomorfológicos e sedimentológicos*. CEG, AGFA Rel. nº 37, Lisboa.

Lautensach, H. (1929). *Eiszeitstudien in der Serra da Estrela (Portugal)*. Zeitschrift für Gletcherkunde, Berlin, 17, 324-369.

Lautensach, H. (1932). *Estudo dos glaciares da Serra da Estrela*. Memórias e Notícias, Coimbra, 6, 1-60.

Linton, D.L. (1963). *The forms of glacial erosion*. Transactions of the Institute of British Geographers, 33, 1-28.

Locke, W. (1995). *Modelling of icecap glaciation of the northern Rocky Mountains of Montana*, Geomorphology, 14, 123-130.

Schilling, D.H.; Hollin, J. (1981). *Numerical reconstructions of valley glaciers and small ice caps*. In: G. H. Denton & Hughes (eds.), *The last great ice sheets*. New York, John Wiley & Sons, 207-220.

Vieira, G. (2004). *Geomorfologia dos planaltos e altos vales da Serra da Estrela. Ambientes frios do Plistocénico Superior e dinâmica actual*. Dissertação de Doutoramento em Geografia (Área de especialização em Geografia Física), Universidade de Lisboa. ■